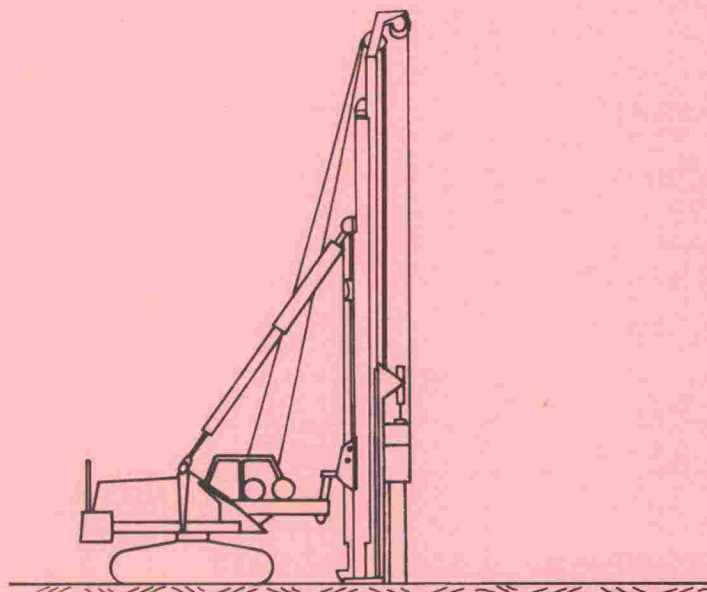


Va

SYT SILLANRAKENNUSTÖIDEN YLEINEN TYÖSELITYS



3000 : YLEISIÄ OHJEITA

3100 : ALUSTAVAT TYÖT

3200 : KAIVU-, LOUHINTA-, UOMA- JA VÄYLÄTYÖT

3300 : MAARAKENTEET JA TÄYTTÖTYÖT

3400 : PAALUTUSTYÖT

3500 : PAIKALLA VALETUT BETONIRAKENTEET

3600 : BETONIELEMENTTIRAKENTEET

3700 : PUURAKENTEET

3800 : TERÄSRAKENTEET

**3900 : KANNEN PINTARAKENTEET, VARUSTEET JA
LAITTEET**



85 0161

SILLANRAKENNUSTÖIDEN YLEINEN TYÖSELITYS

3400: PAALUTUSTYÖT

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS

Sillanrakennustoimisto

Helsinki 1985

ISBN 951-46-5675-X

SILLANRAKENNUSTÖIDEN YLEINEN TYÖSELITYS
3400: PAALUTUSTYÖT

SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

1	YLEISTÄ	1
2.	LYÖNTIPAALUTUS	1
2.1	Y l e i s t ä	1
2.11	Käsitteiden määrittely	1
2.12	Noudatettavat ohjeet ja asiakirjat	2
2.13	Paalutustyön johtaminen	2
2.14	Paalutustyön valvoja	3
2.15	Työn lopputulokselle asetetut vaatimukset	3
2.16	Paalutustyön kelpoisuuden osoittaminen	4
2.2	P a a l u t j a p a a l u t a r v i k k e e t	4
2.21	Materiaalit	4
2.22	Valmistus	4
2.221	Paalujen laatuvaatimukset	4
2.222	Paalujen valmistus	6
2.223	Paalujen kelpoisuuden osoittaminen	6
2.23	Varastointi ja kuljetus	8
2.3	P a a l u t u s t y ö s u u n n i t e l m a	9
2.31	Lähtötiedot	9
2.32	Suunnitelman sisältö	10
2.4	P a a l u t u s t y ö	14
2.41	Pohjatutkimusten täydennys ja paalupituuden tarkistus	14
2.42	Koepaalutus	15
2.43	Paalujen hankinta ja käsittely työmaalla	17
2.44	Paalujen sijainnin ja kaltevuuden merkitseminen	18
2.45	Paalujen lyöntijärjestys	18
2.46	Paalutuskone	20
2.47	Lyöntityö	22
2.471	Paalun lyönti	22

2.472	Tarkastuslyönti ja jälkilyönti	24
2.48	Paalutuspöytäkirja	26
2.49	Koekuormitus	26
3.	SUURPAALUTUS	27
3.1	Y l e i s t ä	27
3.11	Käsitteiden määrittely	27
3.12	Noudatettavat ohjeet ja asiakirjat	27
3.13	Paalutustyön johtaminen	28
3.14	Paalutustyön valvoja	28
3.15	Työn lopputulokselle asetetut vaatimukset	28
3.16	Paalutustyön kelpoisuuden osoittaminen	28
3.2	P a a l u j e n m a t e r i a a l i t j a t a r v i k k e e t	29
3.3	P a a l u t u s t y ö s u u n n i t e l m a	29
3.4	P a a l u t u s t y ö	30
3.41	Kaivinpaalutus	30
3.42	Franki-paalutus	30
4.	MUUT PAALUTUKSET	31
5.	PAALUTUSTYÖTELINEET	31
	VIITELUETTELO	32

SILLANRAKENNUSTÖIDEN YLEINEN TYÖSELITYS 3400: PAALUTUSTYÖT

1. YLEISTÄ

Tätä sillanrakennustöiden yleisen työselityksen osaa noudatetaan siltojen ja muiden vastaavien rakenteiden paalutustöissä, joissa käytetään puisia, teräsbetonisia tai teräksisiä lyöntipaaluja, erilaisia suurpaaluja tai muita, lähinnä teräksisiä erikoispaaluja. Se on tarkoitettu käytettäväksi sekä omassa johdossa että urakalla tehtävissä paalutustöissä.

Tästä työselityksestä käytetään lyhennystä "SYT 3400: Paalutustyöt" tai vain "SYT 3400".

Tässä työselityksessä esitetään paalutustöitä koskevat yleiset laatu- ja dokumentointivaatimukset sekä työtapakuvauksia ja muita ohjeluonteisia asioita. Työn toteutusta sitovat määräykset on kirjoitettu leveäpalstaisella ja ohjeluonteiset, vaatimuksia selventävät asiat kapeapalstaisella tekstillä.

Rakennustyössä ei välttämättä tarvitse pitäytyä ohjeellisena kuvattuihin työmenetelmiin, vaikka ne ovat osaltaan tarkoitettut määrittämään työn laatutasoa.

Paalutustyöstä on laadittava tässä työselityksessä mainitut työsuunnitelmat ennen paalutustöiden aloittamista. Työsuunnitelmat luovutetaan valvojalle tarkastettavaksi.

2. LYÖNTIPAALUTUS

2.1 Yleistä

2.11 Käsitteiden määrittely

Tämän työselityksen lyöntipaalutusta koskevassa kohdassa noudatetaan Suomen Geoteknillinen Yhdistys r.y.:n julkaisemien

"Lyöntipaalutusohjeet 1979:n mukaisia käsitteitä ja määritelmiä. Ohjeista käytetään myöhemmin lyhennystä LPO-79.

2.12 Noudatettavat ohjeet ja asiakirjat

Lyöntipaalutustöissä noudatetaan tämän työselityksen lisäksi LPO-79:ssä ja muissa ohjeissa ja normeissa annettuja ohjeita niiltä osin kuin niihin on viitattu.

Tässä työselityksessä annetaan määräyksiä ja ohjeita paalutustöistä käytettäessä teräsbetonisia lyöntipaaluja. Käytettäessä puisia ja teräksisiä lyöntipaaluja noudatetaan tätä työselitystä näihin töihin soveltaen sekä LPO-79:n kohtia:

- 4.2, puupaalujen rakenne- ja laatuvaatimukset,
- 5.523 ja 5.552, puupaalujen lyönti,
- 5.5622, puutukipaalujen lyönnin lopettaminen,
- 4.4, teräspaalujen rakenne- ja laatuvaatimukset,
- 5.524, teräspaalujen lyönti ja
- 5.5623, terästukipaalujen lyönnin lopettaminen.

Puisia ja teräsbetonisia pengerpaaluja koskevat määräykset ja ohjeet on esitetty tienrakennustöiden yleisessä työselityksessä kohdassa 1211.

2.13 Paalutustyön johtaminen

Paalutustyönjohtajan ja hänen apulaistensa pätevyysvaatimukset ja tehtävät on esitetty LPO-79:n kohdassa 5.2.

Omana työnä tehtävissä paalutustöissä paalutusta johtaa vastaava rakennusmestari tai työtä johtamaan määrätty paalutustyönjohtaja. Omaksi työksi katsotaan myös paalutus, jossa lyöntityö tehdään vuokratulla koneella, mutta työnjohto on rakennuttajalta.

Urakalla tehtävissä paalutustöissä paalutusta johtaa työtä johtamaan nimetty paalutustyönjohtaja, joka voi olla esimerkiksi pääurakoitsijan vastaava rakennusmestari.

2.14 Paalutustyön valvoja

Lyöntipaalutustyön valvojalla tarkoitetaan henkilöä, joka on määrätty valvomaan, että paalutus tapahtuu suunnitelman mukaisesti. Hänelle on annettava viivyttämättä kaikki työn ja rakenteiden laatutasoon vaikuttavat tiedot mm. paaluista, paalutuskoneista ja työmenetelmistä.

2.15 Työn lopputulokselle asetetut vaatimukset

Paalutus tehdään paalutusluokan II mukaan, ellei suunnitelmassa ole toisin määrätty. Paalutustyö on tehtävä siten, että suunnitelmassa asetetut vaatimukset saavutetaan. Paalutusluokan II edellyttämät paaluja, paalutarvikkeita, lyöntikalustoa sekä työnsuoritusta ja valvontaa koskevat yleisvaatimukset on esitetty LP0-79:n kohdassa 3.33.

Ellei suunnitelmassa ole toisin määrätty, yksittäinen paalu saa poiketa teoreettisesta sijaintipaikastaan korkeintaan 200 mm mielivaltaiseen suuntaan kuitenkin siten, ettei samansuuntaisten paalujen muodostaman rivin tai ryhmän painopisteen poikkeama ylitä 100 mm.

Paalukaltevuuksien suurin sallittu poikkeama yksittäisessä paalussa on $\pm 0,04$ (40 mm/m) ja samansuuntaisten paalujen ryhmässä keskimäärin $\pm 0,02$. Kaltevien paalujen horisontaalisuunta (projektio vaakatasossa) saa poiketa korkeintaan $\pm 10^\circ$ suunnitelmassa esitetystä suunnasta.

Jos paalujen sijainti- ja kaltevuuspoikkeamat ylittävät edellä mainitut arvot, on paalutuksen kelpoisuus osoitettava lisäselvityksin ja tarvittaessa lyömällä lisäpaaluja.

Katkaisutason alapuolelle painuneiden paalujen jatkaminen on tehtävä liitteiden 1, 2 tai 3 mukaisesti ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty.

2.16 Paalutustyön kelpoisuuden osoittaminen

Lyöntipaalutustyön kelpoisuus osoitetaan paaluja ja paalutarvikkeita koskevien dokumenttien ja tarkastusten, paalutuksen aikana tehtyjen havaintojen, paalutuspöytäkirjojen, tarkastustoimenpiteiden sekä paalujen sijainti- ja kaltevuuspoikkeamien mittaustulosten perusteella vertaamalla tuloksia suunnitelmasa esitettyihin vaatimuksiin.

Kaikki kelpoisuutta osoittava aineisto on liitettävä kelpoisuuskirjaan.

2.2 P a a l u t j a p a a l u t a r v i k k e e t

2.21 Materiaalit

Lyöntipaalujen materiaalien on täytettävä SYT 3600:n kohdassa 2.41 esitetyt vaatimukset.

Paalun vetolujuuden varmistamiseksi on betonin runkoaineena käytettävä murskattua kiviainesta.

2.22 Valmistus

2.221 Paalujen laatuvaatimukset

Siltatöissä on käytettävä Suomen Betoniteollisuuden keskusjärjestön (SBK) julkaisun 1.6, Teräsbetoninen siltapaalu, mukaisia paaluja. Paalut on varustettava valmistajan tunnusmerkillä, valmistuspäivämäärällä, painon ja pystyynnostopaikan osoittavalla merkinnällä sekä siltapaalua koskevalla merkinnällä "Sp". Tarvittaessa paaluihin on tehtävä myös lämpökäsittelyä koskeva merkintä.

Paalujen poikkileikkauksen sivumittojen ja pinta-alan poikkeama saa olla korkeintaan + 10/-5 %, paalujen yläpään vinous enintään 1:100 ja jatkosten päätetasojen vinous enintään 1:150. Paalujen käyryys saa olla enintään 2 % mittausvälillä tai jos mittausväli on = 500 mm, enintään 10 mm. Paalujen

pituuden poikkeama saa olla enintään ± 100 mm. Paalut on valmistettava 1,0 m:n pituusjaolla.

Pääterästen betonipeitteen tulee olla 30 mm. Betonipeitteen sallittu poikkeama on $-5/+15$ mm. Hakaterästen betonipeitteen tulee olla 25 mm. Se saa alittua enintään 5 mm. Pääterästen etäisyyden paalun päästä tulee olla 50 mm. Etäisyyden poikkeama saa olla enintään ± 20 mm. Paalun jatkosten ja kärkien tulee sijaita keskeisesti paalun ja sen pääterästen suhteen.

Paalun valunaikaisen yläpinnan tulee olla tasainen. Hyväksytävä paalun yläpinta saadaan yleensä aikaan huolellisella tärypalkin käytöllä tai puulla hiertämällä. Muottia vasten valettujen pintojen tulee täyttää betonipintojen luokitusohjeen (by 13) kohdan 2.4 luokan 3 vaatimukset. Paalun kulmissa ei saa olla niin suuria lohkeamia, että teräkset joutuvat korroosiolle alttiiksi.

Paaluissa ei saa esiintyä halkeamia, joiden koko on suurempi kuin 0,2 mm pääterästen kohdalla paalun ollessa tuettuna kahden käsittelykoukun kohdalta. Käsittelykoukkujen (2 kpl) etäisyyden paalun päistä tulee olla 0,18 x paalun pituus.

SBK:n julkaisun 1.5 Teräsbetoninen normaalipaalu, mukaisten paalujen käyttö voi tulla kysymykseen paalutukseen kuuluvissa koepaalutuksissa. Nämä paalut voidaan hyväksyä lopullisen siltarakenteen osaksi ainoastaan suunnittelijan luvalla. Normaalipaalujen laatuvaatimukset on esitetty SBK:n julkaisussa 1.5.

Kalliokärkien on täytettävä LP0-79:n kohdassa 4.322 esitetyt vaatimukset.

Paalujatkosten on oltava TVH:n hyväksymää jäykkäjätkostyyppiä.

Paalutusluokassa II siltapaalun (300×300 mm²) jatkoksen vetolujuuden, taivutuskestävyyden ja väljyyden tulee lyöntikokeen jälkeen tehtävissä laboratoriokokeissa täyttää seuraavat vähimmäisvaatimukset:

- | | | |
|-----------------|---|--|
| - vetolujuus | — | 540 kN, |
| - jäykkyys | — | 2900 kNm ² (taivutusmomentin
ollessa 10...40 kNm), |
| - myötömomentti | — | 51 kNm, |
| - kulmanmuutos | | 1:600 (vrt. LPO-79, kohta 4.3321) |

Paalujen betonin lujuuden tulee olla työmaalle toimitettaessa vähintään 95 % betonin nimellislujuusvaatimuksesta. Paalujen iän tulee olla lyöntihetkellä yleensä vähintään 14 vrk.

Paalun lyönti-ikää voidaan tarvittaessa pienentää LP0-79:n kohdan 4.3121 mukaisesti. Alle 7 vuorokauden ikäisiä paaluja ei saa kuitenkaan käyttää.

2.222 Paalujen valmistus

Paalujen valmistuksessa on noudatettava seuraavassa annettuja sekä soveltuvien osin myös SYT 3600:n kohdan 2 määräyksiä ja ohjeita.

Paalujen toimittajan on esitettävä kirjallinen valmistussuunnitelma valvojan tarkastettavaksi ennen paalujen valmistuksen aloittamista. Suunnitelmassa tulee esittää soveltuvin osin SYT 3600:n kohdassa 2.421 esitetyt betonityösuunnitelmaa koskevat asiat. Suunnitelma tulee uusida, jos paalujen valmistustapa muuttuu.

2.223 Paalujen kelpoisuuden osoittaminen

Paalujen betoniterästen, raudoitteiden ja paaluun tulevien teräsosien, kuten paalu- ja kalliokärkien sekä jatkosten kelpoisuus osoitetaan soveltaen SYT 3600:n kohdan 2.24 määräyksiä ja ohjeita. Kalliokärkien kelpoisuuden osoittamisessa on lisäksi noudatettava LP0-79:n kohtaa 4.3225o ja jatkosten kelpoisuuden osoittamisessa LP0-79:n kohtaa 4.3321o.

Betonin osa-aineiden kelpoisuus osoitetaan SYT 3600:n kohdan 2.45 mukaisesti.

Betonin kelpoisuus puristuslujuuden osalta osoitetaan paalujen valmistussuunnitelman mukaisesti joko normikoe-kappaleiden, rakennekoe-kappaleiden tai ainetta rikkomattomien tutkimusmenetelmien avulla. Jos kelpoisuuden osoittamisessa käytetään normikoe-kappaleita, on betonin sitoutumisen ja kovettumisen aikaisen lämpötilan ja sen nousun vaikutus betonin lujuuteen selvitettävä. Paalujen toimituslujuuden toteamiseksi tehtyjen puristuslujuuskokeiden tuloksia voidaan käyttää betonin kelpoisuuskokeina puristuslujuuden osalta, jos valmistussuunnitelmassa on voitu luotettavasti osoittaa, että paalujen betoni ennen rakenteen käyttöönottoa saavuttaa suunnitelman mukaisen lujuuden.

Käytettäessä normikoe-kappaleita puristuslujuuden testaamiseen, tehdään koe-kappaleita yleensä vähintään kaksi kutakin betonointikertaa ja vähintään kuitenkin yksi jokaista alkavaa 100 m³ kohti. Kaikkien koe-kappaleiden on täytettävä asetettu vaatimus. Jos jokin koetuloksista alittaa vaatimuksen, todetaan kelpoisuus esim. rakennekoe-kappalein. Betonin sitoutumisen ja kovettumisen aikaisen lämpötilan vaikutus betonin lujuuteen voidaan selvittää ennakoon rakennekoe-kappaleiden avulla. Valmistuksen aikana betonin lämpötilaa seurataan piirturilla varustetun lämpömittarin avulla. Näin saatua lämpötilakäyrää verrataan ennakkoselvityksessä saatuun käyrään.

Jos betonin puristuslujuus todetaan rakennekoe-kappalein voidaan menetellä esim. seuraavalla tavalla. Viimeksi valetusta paalusta porataan kaksi koe-kappaletta betonointikertaa kohti, kuitenkin vähintään yksi jokaista alkavaa 100 m³ kohti ja tutkitaan niiden puristuslujuus. Kaikkien koe-kappaleiden on täytettävä asetettu vaatimus. Jos jokin koetuloksista alittaa vaatimuksen, testataan lujuus myöhemmin irroitettavilla koe-kappaleilla, joiden lukumäärä on sama kuin ensimmäisessä testauksessa.

Ainetta rikkomattomia menetelmiä voidaan käyttää paalujen betonin puristuslujuuden testauksessa valmistussuunnitelmassa esitetyllä, valvojan hyväksymällä tavalla. Kyseeseen tulee lähinnä kimmovasaran tai yhdistetyn kimmovasara-ultraäänimenetelmän käyttö.

Betonin kelpoisuus pakkasenkestävyyden osalta osoitetaan tarvittaessa SYT 3600:n kohdan 2.45 mukaisesti.

Paalujen toimittajan on luovutettava kirjallinen selvitys paalujen lujuudenkehityksestä puristuslujuus- ja lämpötilanmittaustuloksineen valvojalle (vrt. kohta 2.43).

Paalujen kelpoisuus osoitetaan koetulosten, mahdollisten tarkistusmittausten ja silmämääräisen tarkastuksen perusteella.

2.23 Varastointi ja kuljetus

Paalut voidaan siirtää varastoon kun ne ovat saavuttaneet riittävän siirtolujuuden eli yleensä vähintään 60 % betonin nimellislujuusvaatimuksesta. Jos paalut varastoidaan talvella ulos ja varaston lämpötila on alle -5°C , on paaluilla oltava jo varastoon siirrettäessä lyöntilujuus ja riittävä ikä. Muussa tapauksessa on lujuuden jatkokehittymisestä varmistuttava sopivalla lämmittämismenettelyllä. Talvella pakkaselta suojattuja tai lämpökäsiteltyjä paaluja ei saa siirtää lämpiminä suoraan kylmään varastoon, vaan niiden lämpötilan on annettava tasaantua vähintään puoli vuorokautta ennen siirtoa pakkaseen. Valmistajan on esitettävä valmistussuunnitelmassa menetelmä, jolla paalujen riittävä lujuus todetaan siirto- ja varastointihetkellä.

Paalut on nostettava merkityistä nostokohdista ja tuettava varastoon ja ajoneuvoon käsittelykoukkujen kohdalle sijoitettuja välipuita käyttäen. Paalujen vääntyminen varastoinnin ja kuljetuksen aikana on estettävä.

2.3 P a a l u t u s t y ö s u u n n i t e l m a

2.31 Lähtötiedot

Paalutustyön tekijän tulee laatia ennen paalutustyön aloitusta paalutustyösuunnitelma, jonka tulee niveltyä rakennussuunnitelmaan ja hankkeen työsuunnitelmaan ja jossa otetaan huomioon paalutuksen aikana vallitsevat todelliset olosuhteet (vrt. LP0-79, kohta 3.63).

Osa paalutustyösuunnitelman perustana olevista lähtötiedoista ilmenee rakennussuunnitelmasta. Tällaisia seikkoja ovat yleensä (vrt. LP0-79, kohta 3.631):

- rakennuskohteen laatu ja sijainti,
- pohjasuhteet ja topografia,
- vesistötiedot,
- paalutuspiirustukset,
- paalutyypit,
- paalutusluokka,
- sallitut sijainti- ja kaltevuuspoikkeamat,
- tarvittavat koepaalutukset ja koekuormitukset
- töiden yleisjärjestelyjä koskevat ohjeet ja vaatimukset ja
- varottavat rakenteet ym. ympäristöhaitat.

Edellä mainittujen seikkojen lisäksi tulee ottaa huomioon mm.:

- tieyhteydet,
- rakentamisajankohta,
- paalutuskoneet,
- täsmennetyt paalujen lyöntiohjeet (vrt. LP0-79, kohta 3.632),
- työmaan tilankäyttömahdollisuudet ja
- työn aikataulu.

2.32 Suunnitelman sisältö

Paalutustyösuunnitelmassa on käsiteltävä riittävän yksityiskohtaisesti paalutukseen liittyvät rakennuskohteen tekniset olosuhteet. Paalutustyösuunnitelma sisältää tarvittavat piirustukset ja työselityksen. Se tulee esittää hyvissä ajoin ennen työn aloitusta valvojalle tarkastettavaksi.

Paalutustyösuunnitelma on tehtävä yleensä kirjallisena, mutta pienissä ja yksinkertaisissa töissä suunnitelma voidaan korvata työn toteuttajan ja valvojan välisestä neuvottelusta laaditulla muistiolla.

Paalutustyösuunnitelmassa tulee käsitellä tarvittavilta osiltaan ainakin seuraavat asiat:

a) Yleiset työmaajärjestelyt:

- työmaateiden, koneiden, varastoalueiden ym. toimintojen sijoitus ja tilantarve.

Työn suunnittelussa tulee ottaa riittävästi huomioon mm. paalutuskoneen mahdollisesti tarvitsema kokoa-mispaikka, paalutuskoneen pääsy kaivantoon ja työn päätyttyä kaivannosta pois, paalujen varastointi sekä paalukuljetusten pääsy rakennuspaikalle paalutustyön eri vaiheissa.

- työalusta kuten esimerkiksi ruokamullan poisto, lavat, sora-arina, massanvaihto, pengerryks, apusillat ja lautat yms.,
- pengerryksistä, apusilloista ja lautoista yms. on laadittava tarvittaessa yksityiskohtaiset erityissuunnitelmat (piirustukset),
- paalujen sijainnin sekä kaltevuuden mittaus ja merkintä,

- talvityöstä johtuvat edut ja erityisvaatimukset kuten esimerkiksi roudan tai jään nostovoiman huomioonotto rakennustyön aikana,
- sääsuhteiden vaikutus.

b) Tutkimusten täydennystarve ja työjärjestys

- pohjatutkimusten täydennystarve,
- koepaalutusten ja koekuormitusten tarve ja suorituspaikat,
- paalutustöiden ja muiden pohjarakennustöiden tekojärjestys,
- paalujen keskinäinen lyöntijärjestys (vrt. 2.45).

Paalujen lyönti on yleensä pyrittävä tekemään perustuksen vaatimien kaivutoimenpiteiden jälkeen, erityisesti silloin, kun paalut jäävät lyhyiksi.

c) Apupaalun käyttö

Eräissä tapauksissa on työteknisesti välttämätöntä tai edullista tehdä paalutustyö paalujen katkaisutasoa ylemmältä työtasolta (lähinnä vesistöpaalutukset sekä tapaukset joissa kaivutyö on edullista tehdä vasta paalutustöiden jälkeen). Tällöin paalutustyö voidaan tehdä joko ylipitkiä työnaikuiseen paalutustasoon saakka ulottuvia paaluja tai apupaalua käyttäen. Apupaalun käyttö on sallittua, jos se on jo suunnitelmassa esitetty tai suunnitelma on laadittu käyttäen paalutusluokkaa III. Muussa tapauksessa apupaalun käyttämiselle on saatava suunnittelijan lupa.

Apupaalun käyttö ei tässä tapauksessa koske yksittäisten paalujen "sukeltamista" (vrt. kohta 2.471 k)

d) Paalutuskoneet ja niiden varusteet:

- käytettävä lyöntikone (tyyppi, ikä, paino ja kunto),
- järkäleen paino, pituus ja poikkileikkauspinta-ala,
- iskutyynyn paino ja rakenne (mm. puuosan ja iskusuojan eli pehmikkeen materiaali ja mitat),
- apupaalun paino, pituus, materiaali ja poikkileikkauspinta-ala.

e) Paalun lyöntiohjeiden tarkistus

Paalutustyösuunnitelmaa laadittaessa tulee arvioida odotettavissa olevat lyöntivaikeudet sekä suunnitella menettelyohjeet niiden varalta.

Esimerkkejä edellä tarkoitetuista vaikeuksista ovat:

- vaikeudet paalujen pituuden arvioinnissa,
- täytteen, roudan tai tiiviin maakerroksen läpäisy (vrt. LP0-79, kohdat 6.3 ja 6.4),
- maan kivisyydestä ja lohkareisuudesta johtuva paalun rikkoutumisvaara,
- tavallista suurempi jousto (esim. suurempi kuin $0,001 \times \text{paalupituus} + 5 \text{ mm}$),
- paalun jatkaminen betonoimalla,
- paalujen rikkoutuminen lyöntityön aikana,
- yksittäisten paalujen tunkeutuminen odotettua huomattavasti syvemmälle ja apupaalun käyttö ja
- mahdollinen kallioikätkien käyttö.

Käytettävän paalutuskoneen perusteella määritetään:

- järkäleen pudotuskorkeus paalun eri lyöntivaiheissa, mikäli on tarpeen poiketa LP0-79:n yleisohjeista (vrt. LP0-79, kohdat 5.55 ja 5.56),
- paalun lyönnin lopettamisohjeet ja
- jouston mittaustapa.

f) Paalutustyön vaikutus ympäristöön

Paalutustyösuunnitelmasta tulee käydä ilmi toimenpiteet, joihin ryhdytään, mikäli työskentelypaikan läheisyydessä on mm.:

- varottavia rakenteita (painuma, nousu, sivusiirtymä),
- johtoja maassa tai ilmassa,
- sortumisalttiita luiskia (siirtymä, huokospaineen nousu) tai

- melu- tai tärinähaitoista kärsiviä rakenteita, laitteita yms.

Siirtymien ja huokospaineen muutosten havaitsemista ja estämistä on käsitelty Pohjanvahvistustöiden laadunvalvontaohjeissa TVH 732177, kohta 4.2.

Paalutuksesta aiheutuvaa tärinää voidaan varsinkin koheesiomaassa ja löyhärakenteisessa kitkamaassa vähentää käyttämällä painavaa järkälettä ja pientä pudotuskorkeutta.

Pehmeän savikerroksen päällä olevan routakerroksen tai tiiviin maakerroksen puhkaisu esimerkiksi poraamalla vähentää tehokkaasti paalun lyönnistä aiheutuvaa maanpinnan heilahtelua.

Melua voidaan vähentää myös:

- käyttämällä tarkoitukseen sopivaa iskutyynyä (esim. lautasjousityyny),
- ympäröimällä paalu ja iskutyyny sekä mahdollisesti myös järkäle sopivilla suojuksilla ja
- rajoittamalla melun leviämistä ympäristöön meluaidoilla yms. esteillä.

g) Työturvallisuus

Vakavimpia paalutustöissä sattuvia onnettomuuksia ovat paalutuskoneen kaatumiset. Tällaisten onnettomuuksien välttämiseksi tulee kiinnittää erityistä huomiota paalutuskoneen ja sen alustan vakavuuteen ja kantavuuteen.

Tavallisimpia paalutustyössä sattuvia henkilövahinkoja ovat:

- polvivammat jalkineiden juuttuessa saveen,
- puristusvammat,
- melusta ja tärinästä johtuvat vammat ja
- yksipuolisista liikkeistä johtuvat nivelvammat.

Henkilövahinkoja voidaan vähentää esimerkiksi alustan sorastuksella, tarkoituksenmukaisella paalujen käsittelyllä ja varastoinnilla sekä suojavaälineillä.

2.4 P a a l u t u s t y ö

2.41 Pohjatutkimusten täydennys ja paalupituuden tarkistus.

Rakennusaikana saatetaan joutua tekemään täydentäviä maaperätutkimuksia tai koepaalutuksia (vrt. kohta 2.42) paalupituuksien tarkistamiseksi.

Pohjatutkimusten ja maaperätietojen tarkistamisessa käytettäviä menetelmiä on käsitelty LP0-79:n kohdassa 2.2.

Paalupituus ja maakerrosten paalutettavuus arvioidaan yleensä alustavasti paino- ja lyöntikairausten perusteella. Paalupituus tarkistetaan lukumäärältään riittäväillä heijarikairauksilla.

Huolellisesti suoritettulla heijarikairauksella saavutetaan yleensä suurin syvyys, mihin paalu saattaa tunkeutua. Osa paaluista, varsinkin paaluryhmissä jää usein ylemmäksi kuin heijarikairauksella saavutettu syvyys.

Epäselvissä tapauksissa paalupituus tarkistetaan koepaalutuksilla. Koepaalutusta käytetään usein paksuissa, tiivisrakenteisissa silttimaakerroksissa sekä yleensä aina kivisissä ja lohkareisissa maakerroksissa.

2.42 Koepaalutus

Koepaalutus paalujen pituuden tarkistamiseksi tehdään joko erillisenä toimenpiteenä ennen varsinaista paalutustyötä tai paalutustyön alkuvaiheessa aloittamalla työ koepaalutuksenluonteisesti. Koepaalutuksen laajuus esitetään suunnitelmassa.

Koepaalutuksen paikkaa valittaessa tulee ottaa huomioon:

- pohjasuhteiden vaihtelevuus rakennuspaikan eri osissa,
- paalujen hyväksikäyttö tulevassa rakenteessa,
- rakenteen asettamat vaatimukset ja
- paalutiheyden vaikutus.

Lyötävien koepaalujen lukumäärä riippuu rakennuspaikan pohjasuhteista ja rakenteen laadusta. Koepaalujen lukumäärä on yleensä vähintään 2-4 kpl yhtä tukea kohden.

Koepaalujen tulee olla, mikäli mahdollista, samanlaisia kuin rakenteeseen suunnitellut paalut (vrt. kohta 2.221). Koepaalut varustetaan tarvittaessa tarkastusputkella. Tarkastusputken tulee olla saumatonta teräspankkaa, jonka seinämän paksuus on noin 2 mm. Tarkastusputken läpimitta riippuu mittaustoimenpiteistä, joita putken läpi tullaan suorittamaan; yleensä se on noin 40 mm (vrt. LP0-79, kohta 5.72).

Koepaalun pituus mitataan paalun kärjestä alkaen \pm 10 mm tarkkuudella. Pituusmitta merkitään paalun kylkeen 0,2 metrin välein.

Eri kohteissa tehtyjen koepaalutusten tulosten vertailukelpoisuuden parantamiseksi koepaalut lyödään aina standardimenetelmällä käyttämällä 0,3...0,4 m pudotuskorkeutta koko lyöntipituudella paitsi pehmeissä kerroksissa.

Tuki- ja kitkapaalun jousto mitataan paalun loppulyöntien aikana tai lyönnin loppuvaiheessa. Jousto mitataan Lyöntipaalutusohjeessa (LP0-79, sivu 29, kuva 6) esitetyllä tavalla.

Joustomittauksen onnistumiseksi koepaalujen tulee olla riittävästi pitkiä.

Paalun lyönnistä ja painumasta yms. pidetään paalukohtaista pöytäkirjaa koko lyöntivaiheen ajalta. Pöytäkirjaan merkitään mm.:

- täytteen, kuivakuoren ja roudan läpäisytoimenpiteet,
- paalun painuma oman painon tai paalun ja järkäleen yhteenlasketun painon vaikutuksesta,
- pehmeissä maakerroksissa yhden metrin painumaan tarvittavien lyöntien lukumäärä ja
- tiiviimmissä maakerroksissa 0,20 m painumaan tarvittavien lyöntien lukumäärä (normaali menettely).

Kun paalun lyöntivastus on noin 100 lyöntiä/0,20 m painuma, tarkistetaan sopivin välein paalun painuma 10 lyönnin lyöntisarjoilla. Lyönti päätetään aina normaalien loppulyöntiohjeiden mukaisesti 3...5:llä kymmenen lyönnin lyöntisarjalla.

Rinnan paalun painumiseen tarvittavien lyöntilukujen kanssa merkitään paalutuspöytäkirjaan myös paalun kärjen syvyys maanpinnasta paalun kyljessä olevan pituusmitan perusteella. (Paalun kärjen syvyyttä ei saa määrittää laskemalla yhteen havaitut painumat). Lyönnin päätyttyä paalun pään korkeus vaaitaan ja merkitään pöytäkirjaan.

Tarkastusputkella varustettujen paalujen käyryys tarkistetaan lyönnin päätyttyä luotaamalla tai inklinometrillä (vrt. LPO 5.72).

Koepaalutuksen perusteella laaditaan liitteen 4 mukaiset diagrammit. Joustomittausten tulokset merkitään paalutuspöytäkirjaan ja lyöntivastusdiagrammiin.

2.43 Paalujen hankinta ja käsittely työmaalla

Paalujen tilauspituus määritetään suunnitelmassa ilmoitettujen tietojen perusteella.

Tilauspituus on tarkoituksenmukaista valita siten, ettei paaluja tarvitse jatkaa betonoimalla (ks. liitteet 1, 2 ja 3) eli 1-2 metriä arvioitua lopullista paalupituutta suuremmaksi.

Paalukuljetuksen saapuessa työmaalle on tehtävä vastaanotto-tarkastus. Paalujen on oltava työmaalle tuotaessa lyöntikel-poisia (vrt. kohta 2.221) ja niiden on täytettävä kohdissa 2.21 ja 2.221 mainitut laatuvaatimukset. Paalujen kelpoisuus on osoitettava kohdassa 2.223 esitetyllä tavalla ja kelpoi-suusaineisto luovutettava vastaanottotarkastuksessa paalujen tilaajalle.

Paalut tulee nostaa kuljetusautosta pehmeästi ja nykäyksittä tarkoitukseen osoitetuista nostokohdista (kahden pisteen nosto).

Paalut on nostettava autosta ja varastoitava yhteen tasoon. Vain olosuhteiden pakottaessa voidaan paalut varastoida päällekkäin paalutustyösuunnitelmassa esitetyllä tavalla. Paalujen välipuiden tulee tällöin sijaita tarkasti toistensa kohdalla, koska alimmat paalut saavat muuten liian suuria taivutusjännityksiä.

Lyönnin alkaessa paalut on nostettava varastokasojen ylemmistä kerroksista maanpinnalle. Paaluja ei saa pudotella eikä vetää toistensa yli. Pitkiä paaluja ei saa myöskään laahata epäta-saisella maanpinnalla, missä ne saattavat joutua tuetuiksi pelkästään keskeltä tai päistään. Paalujen siirrosta on tarvittaessa käytettävä apukoneita (nosturia yms.).

Paalu tulee nostaa paalutuskoneeseen paaluun merkitystä nosto-kohdasta (yhden pisteen nosto) paalun ympäri kierrettyä ketju-

tai vaijerilenkkiä käyttäen. Nostaminen nostosilmukasta on kielletty.

Järkäleen tulee olla alhaalla, kun paalua vedetään paalutuskoneelle. Näin vähennetään paalutuskoneen kaatumisriskiä.

Järkäle ja iskutyyny nostetaan vähintään niin korkealle, että paalu muodostaa maanpinnan suhteen noin 60...70° kulman, ennenkuin tyyny lasketan paalun päähän. Muutoin paaluun saattaa kohdistua liian suuri taivutusrasitus.

2.44 Paalujen sijainnin ja kaltevuuden merkitseminen

Paalujen sijainti merkitään maastoon selvästi tarkistettavissa olevilla merkeillä 20 mm tarkkuudella.

Paalujen paikat tulee merkitä mittakeppien lisäksi optisin mittausvälinein tai mittalinjoilla kahdessa suunnassa siten, että paalun paikka voidaan mittakeppin hävittyä määrittää helposti uudelleen. Mittalin ja muodostuu esimerkiksi kahdesta kaltevuusmallista tai pystysuorasta linjakepistä. Mallit tulee sijoittaa sellaisiin kohtiin, etteivät ne vaurioidu tai liiku työn aikana.

Vedenalaisessa paalutuksessa sekä hyvin pehmeällä pohjalla paalutettaessa paalujen sijaintitarkkuutta ja paikallaan pysymistä voidaan varmistaa esimerkiksi ohjausputkella ja teräskehikolla tai mallilaatalla. Mallilaattaa ei saa käyttää silloin, kun on odotettavissa niin suuria siirtymiä, että ne saattavat vahingoittaa paaluja. Mallilaatan käyttöön on saatava valvojan lupa.

2.45 Paalujen lyöntijärjestys

Paalun lyönti aiheuttaa maakerroksissa muutoksia, jotka saattavat vaikeuttaa jäljellä olevien paalujen lyöntiä, johtaa lähellä sijaitsevien rakenteiden vaurioitumiseen ja siirtymiseen

tai luiskien sortumiseen. Paalutuksesta aiheutuva tärinä saattaa myös toimia lähellä sijaitsevien rakenteiden vaurioitumista laukaisevana tekijänä. Haittatekijöiden vähentämiseksi paalujen lyöntijärjestys tulee suunnitella tarkoituksenmukaiseksi (liite 5).

Kitkamaassa, joka yleensä tiivistyy paalutuksen aikana, tulee ensimmäiseksi lyödä lähinnä vaurioitumiselle altista rakennetta olevat paalut.

Koheesiomaassa paalut syrjäyttävät maata, jolloin paalun lyönti häiritsee ympäröiviä maakerroksia ja pienentää niiden leikkauslujuutta. Tällaisissa olosuhteissa lyödään yleensä ensin 1-2 lähinnä varottavaa rakennetta (johtokaivanto, tukiseinä yms.) sijaitsevaa paaluriviä. Sen jälkeen maa jätetään rauhoittumaan ja paalutusta jatketaan kauempana ko. kohteesta. Kun paalutusta myöhemmin jatketaan vaurioalttiin kohteen lähellä, häiriövaikutus jää tällä työjärjestyksellä mahdollisimman pieneksi.

Paaluryhmissä viimeiseksi lyödyt paalut pysähtyvät yleensä korkeammalle kuin ensin lyödyt paalut. Tämän vuoksi tukipaalutuksessa lyödään yleensä samansuuntaisten paalujen rivistä ensin keskimmäiset paalut ja edetään asteittain ulommaksi. Kitkapaalutuksessa lyödään ensin uloimmat paalut ja edetään asteittain sisemmäksi, ellei suunnitelmassa ole annettu muita ohjeita.

Siltapaalutusryhmissä, joissa vaakasuoria kuormituksia otetaan vinopaaluilla, lyödään uloimmat vinopaalut ensin, jotta ne varmasti tunkeutuvat riittävän syvälle.

Siltojen maatukien taustaan tulevat pengerpaalut lyödään yleensä valmiiksi ennen maatuen paaluja.

Luiskissa voidaan luiskan juuren tukemiseksi lyödä ensin alimmat paalurivit, jolloin ne saattavat siirtyä tai kallistua ylempiä paalurivejä lyötäessä. Jos paalujen tulee lyönnin jälkeen sijaita mahdollisimman tarkasti suunnitelluilla paikoillaan, voidaan lyönti suorittaa uomaa kohti edeten, mikäli luiskan vakavuus lyönnin aikana varmistetaan tarvittaessa paalutuksen etenemistä hidastaen tai muihin tarkoituksenmukaisiin toimenpiteisiin ryhtymällä.

Merkittävimmat häiriötekijät (painumat, siirtymät yms.) rajoittuvat yleensä sekä kitka- että koheesiomaassa vyöhykkeeseen, joka jää paalun kärjestä ylöspäin kaltevuudessa 1:1 piirrettyjen linjojen sisäpuolelle.

2.46 Paalutuskone

Paalutuskoneen on oltava rakenteeltaan sellainen, että paalun tunkeutumista maahan voidaan riittävästi tarkasti seurata, lyönti voidaan haluttaessa keskeyttää, ja että lyönnin voimakkuutta voidaan tarvittaessa säätää. Koneen tulee täyttää myös työturvallisuuden asettamat vaatimukset.

Yleensä lyöntipaalutustoissa käytetään pudotusjärkeleellä varustettuja, hidaskuiskuisia junttia. Muunlaisia paalutuskoneita saa käyttää vain valvojan luvalla. Niiden rakenne- ja toimintavaatimukset on esitetty silloin erikseen.

Järkeleen yleiset laatuvaatimukset on esitetty LP0-79:n kohdissa 5.521 ja 5.522. Ylimääräisten tehohäviöiden poistamiseksi tulee lisäksi tarkistaa, että

- järkeen massa on hyväksyttävässä suhteessa paalun massaan eli pitkissäkin paaluissa vähintään puolet paalun massasta,
- vaijerikoneessa järkeen nostovaijerin pituus on kohtuullinen. (Vaijerissa saa olla ylipituutta enintään niin pal-

jon, että vaijerin kiinnitys järkäleeseen voidaan uusia 2-3 kertaa katkaisemalla viottunut osa vaijerin päästä),

- järkäleen kokoamiseen käytetyt pultit on kiristetty ja lukittu,
- järkäleen alapinta on tasainen,
- järkäleen ohjaimet liukuvat johteissa mahdollisimman liukkaasti varsinkin kaltevia paaluja lyötäessä ja että
- ohjaimet eivät ole kuluneet liian väljiksi aiheuttaen epäkeskisiä iskuja.

Iskutyynyn laatuvaatimukset on esitetty LPO-79:n kohdassa 5.53. Tämän lisäksi tulee huolehtia siitä, että

- iskutyynyn puuosa (yläosa) vaidetaan, jos se on rikkoutunut ("luutaantunut"),
- puuosan ja iskusuojan eli pehmikkeen välinen teräslevy oikeastaan, jos se on taipunut. (Taipunut välilevy rikkoo nopeasti iskusuojan ja paalun pään) ja että
- jos iskusuoja joudutaan vaihtamaan paalun lyönnin aikana, on se tehtävä vähintään 200 iskua ennen loppulyöntisarjojen alkamista.

Iskusuojaa vaihdettaessa vanhan iskusuojan jätteet tulee poistaa ennen uuden iskusuojan asentamista. Talviaikana iskusuojat tulee säilyttää kuivassa paikassa.

Kestävämpien materiaalien (vrt. LPO-79, kohta 5.531) puuttuessa iskusuojana voidaan käyttää 1" mäntylaudasta ristikkäin naulattua, 3-kerroksista iskusuojaa, joka on helppo vaihtaa ja joka tulee vaihtaa riittävästi usein. Iskusuojan alapinnan tulee olla tasainen, jotta paalun pää säilyisi ehjänä.

Apupaalun laatuvaatimukset on esitetty LP0-79:n kohdassa 5.54.

2.47 Lyöntityö

2.471 Paalun lyönti

Paalut lyödään LP0-79:n kohdissa 5.5 ja 5.6 esitettyjen ohjeiden sekä paalutustyösuunnitelman mukaisesti.

Lyönnin aikana tulee erityisesti pitää huolta seuraavista asioista:

- a) Paalu täyttää käsittelyvaiheiden jälkeen sille asetetut laatuvaatimukset. Jos paalussa havaitaan lyönnin aikana tai sen jälkeen halkeamia, on niiden syy selvitettävä ja paalun kelpoisuus selvitettävä kussakin tapauksessa erikseen.
- b) Paalu lyödään suunnitelman tarkoittamaan kohtaan ja kaltevuuteen.
- c) Järkäleen johteet pysyvät lyönnin aikana paalun suunnassa. Jos paalun pää pyrkii siirtymään, niin sitä ei saa kammata takaisin, vaan johteiden suuntaa tulee korjata niin, että järkäle aina iskee paalun päähän keskeisesti ja paalun pituusakselin suunnassa, koska epäkeskiset lyönnit rikkovat paalun pään.
- d) Järkäleen pudotuskorkeus on annettujen ohjeiden mukainen (vrt. LP0-79, kohta 5.55) varsinkin paalun kärjen lähetessä kiinteätä pohjaa. Jos paalu osuu kiveen tai lohkareeseen tai jos paalu kohtaa kallion, on normaali lyönti heti keskeytettävä. Lyöntiä jatketaan LP0-79:n kohdan 5.5621 ohjeiden mukaan.

Hiekka- ja silttimuodostumissa paalun lyöntivastus saattaa nousta niin suureksi, että tarvitaan useita tuhansia lyöntejä ennen kuin paalu saavuttaa tavoitetasen. Tällaisissa ososuhteissa paalu tulee lyödä

suhteellisen pienellä eli tavallista vaijerikonetta käytettäessä noin 0,3 - 0,4 m pudotuskorkeudella, jotta paalun betoni ei rikkoonnu.

Kivisissä ja lohkareisissa maakerroksissa sekä kaltevalla kallion pinnalla paalut saattavat taipua tai siirtyä, jolloin niiden lyönninkestävyys pienenee ja järkäleen pudotuskorkeutta tulee pienentää paalun rikkoutumisen välttämiseksi.

- e) Jatkaminen ja liitoselinten lukitseminen tehdään huolellisesti.

Paalua jatkettaessa epätasaiset pinnat asetetaan vastakkaisille puolille paalua.

- f) Apupaalua käytettäessä järkäleen ja paalun väliin asetetaan vain yksi iskusuojus.
- g) Iskusuojusta ei vaihdeta välittömästi ennen loppulyöntien alkamista (vrt. kohta 2.46).
- h) Suunnitelman edellyttämät jouston mittaukset tehdään.
- i) Loppulyönnit tehdään suunnitelman mukaisesti (vrt. LPO-79, kohta 5.5621).
- j) Yli 35 m:n pituisia tukipaaluja lyötäessä loppulyöntivaatimukset määritetään oheisen taulukon 1 mukaisesti ellei suunnitelmassa muuta esitetä.

Taulukko 1. Pitkien teräsbetonitukipaalujen loppulyöntivaatimuksia.

Paalutus- luokka	Paalun koko m ²	Suurin sallittu painuma (mm) kymmenellä iskulla jätkäleen massan ollessa		Jätkäleen pudotuskorkeus (m) paalun pituuden ol- lessa	
		4 t	5 t	40 m	50 m
II	250x250	20	-	0,50	0,55
	300x300		20	0,55	0,60
III	250x250	30	-	0,45	0,50
	300x300	22	30	0,55	0,55

- k) Paalun pään korkeus vaaitaan välittömästi maahan lyönnin jälkeen. Kun ryhmän kaikki paalut on lyöty, tehdään uusi vaaitus. Jos paaluryhmän paaluista muutamat yksittäiset paalut tunkeuvat oletettua syvemmälle ja ne joudutaan lyömään apupaalua kätäen, ei paaluluokkaa tarvitse muuttaa, mikäli paalun yläpään asema voidaan luotettavasti mitata.
- l) Suunnitelman edellyttämät tarkastusputkien luotaukset, siirtymämittaukset ym. tarkastustoimenpiteet suoritetaan (vrt. LPO-7kohta 5.7).
- m) Mahdollisesti tarvittavien lisäpaalujen lyöntiin on varaudu sen jälkeen kun lisäpaalujen tarve on selvitetty.
- n) Paalutuspöytäkirjaa pidetään suunnitelman edellyttämällä tavalla (vrt. kohta 2.48 ja LPO kohta 5.8).
- o) Paalun lyönti keskeytetään, jos ilman lämpötila laskee alle -25°C.

2.472 Tarkastuslyönti ja jälkilyönti

Tarkastuslyönti (vrt. LPO-79, kohta 5.742) tehdään ennen paalutuksen siirtymistä uuteen asemaan. Sen tarkoituksena on varmistaa, että tukipaalut eivät ole menettäneet kosketusta kantavaan pohjakerrokseen. Tarkastuslyönti käsittää tavallisesti 5 - 10 lyöntiä loppulyöntien aikana käytetyllä pudotuskorkeudella.

Tarkastuslyönti suoritetaan jälkilyöntitarpeen vähentämiseksi ja se saattaa tulla aiheelliseksi mm. seuraavissa olosuhteissa:

- Talvella savimaassa maanpinnan ollessa roudassa, jolloin saven syrjäytymisestä johtuva "noste" vetää aikaisemmin lyötyjä paaluja ylös.
- Koheesiomaan ulottuessa kallioon aikaisemmin lyödyt paalut nousevat syrjäytyvän saven mukana.
- Paalu tunkeutuu kitkamaakerroksissa syvemmälle kuin viereinen, aikaisemmin lyöty paalu, jolloin jälkimmäisen paalun kärkivastus sattaa pienentyä. Jos paalun kärkien syvyysero on suurempi kuin paalujen välimatka, on yleensä suoritettava tarkastuslyönti.
- Paalut ovat lyhyitä, jolloin paaluryhmän ensimmäiset paalut helposti nousevat tai siirtyvät ryhmän viimeisiä paaluja lyötäessä.

Jälkilyönti (vrt. LPO 79, kohta 5.743) on tehtävä tuki- tai kitkapaalujen kantavuuden varmistamiseksi, jos tarkastustöiden piteet osoittavat, että paalut ovat nousseet tai muuten menettäneet kantavuutensa loppulyöntien jälkeen.

Jälkilyöntitarve johtuu osittain edellä tarkastuslyönnin yhteydessä mainituista seikoista. Jälkilyönti saattaa tulla tarpeelliseksi myös seuraavista syistä:

- Paalut liikkuvat loppulyöntien jälkeen suoritettavien kaivu- ym. töiden aikana. Maan jäätyminen paaluun kiinni lisää riskiä.

- Paalun lyöntivastus silttimaassa saattaa tulla niin suureksi, että loppulyöntivaatimukset täyttyvät, vaikka paalun staattinen kantavuus on vielä vähäinen. Muutaman tunnin kuluttua paalu painuu jälleen normaalilyönneillä. Tällaisissa olosuhteissa paalun jousto on usein tavallista suurempi.

2.48 Paalutuspöytäkirja

Paalutustyöstä on aina pidettävä pöytäkirjaa annettujen ohjeiden mukaisesti. Paalutuspöytäkirja liitetään kelpoisuuskirjaan.

Paalukohtaista pöytäkirjaa (TVH nro 732512) on pidettävä koepaalutuksista, kitkapaalutuksista ja niistä tukipaalutuksista, joissa ei etukäteen voida olla varmoja paalujen tunkeutumistasta tai paalutusolosuhteet ovat hyvin vaativat (vrt LP0-79 kohta 3.63).

Kaikissa muissa tapauksissa voidaan käyttää ns. yhdistelmäpöytäkirjaa (TVH nro 732513), johon merkitään mm. paalun korkeus-tasotiedot lyönnin jälkeen ja paalun painuma 10 lyönnin aikana 5 viimeisessä lyöntisarjassa.

2.49 Koekuormitus

Koekuormituksia käytetään rakentamisvaiheissa yleensä jo maahan lyötyjen paalujen kantavuuden tarkistamiseen. Koekuormitus on tehtävä, jos paalutuksen kantavuudesta ei ole riittävää varmuutta eikä sitä voida muuten tarkistaa (vrt. LP0-79 kohta 8.2). Koekuormitukset voivat olla dynaamisia tai staattisia.

Dynaamiset kuormitukset ovat hyvin lyhytaikaisia (järkäleen isku) ja niitä voidaan tehdä koepaalutuksen tai paalujen varsinaisen lyönnin aikana. Dynaamiseen koekuormitukseen tarvitaan erikoislaitteet.

Tavallisimmin kysymykseen tulevat staattiset koekuormitusmenetelmät ovat:

- kuormitus vakiopainumisnopeudella
- portaattainen kuormitus
- jaksollinen kuormitus
- pitkäaikaiskuormitus
- edellisten menetelmien yhdistelmät.

Staattinen koekuormitus tehdään yleensä erillisen suunnitelman mukaan. Staattista koekuormitusta on käsitelty yleispiirteisesti LPO-79:n kohdassa 8.2.

3. SUURPAALUTUS

3.1 Y l e i s t ä

3.11 Käsitteiden määrittely

Tämän työselityksen suurpaalutusta koskevassa kohdassa noudatetaan Suomen Geoteknillinen Yhdistys r.y:n julkaisemien "Suurpaaluohjeet 1978:n" mukaisia käsitteitä ja määritelmiä. Ohjeista käytetään myöhemmin lyhennystä SPO-78. Raudoitus- ja betonointitöiden osalta noudatetaan SYT 3500:n kohdan 1.2 mukaisia käsitteitä.

3.12 Noudatettavat ohjeet ja asiakirjat

Suurpaalutustöissä noudatetaan SPO-78:ssa ja muissa ohjeissa ja normeissa annettuja määräyksiä ja ohjeita niiltä osin kuin niihin on viitattu.

Tässä työselityksessä annetaan määräyksiä ja ohjeita käytettäessä kaivinpaaluja, paikalla valettavia Franki-paaluja tai ns.Franki-mixte-paaluja, joissa paalun vartena käytetään elementtejä.

3.13 Paalutustyön johtaminen

Paalutustyönjohtajan pätevyysvaatimukset ja tehtävät on esitetty SP0-78:n kohdassa 5.3. Paalutustyöhön liittyvien betonitöiden johtamisessa on lisäksi noudatettava SYT 3500:n kohdan 1.5 määräyksiä. Paalutustyön ja betonitöiden johtaja voi olla myös sama henkilö.

3.14 Paalutustyön valvoja

Suurpaalutustyön valvonnassa noudatetaan kohdassa 2.14 esitettyjä ohjeita.

3.15 Työn lopputulokselle asetetut vaatimukset

Suurpaalutustöissä on noudatettava SP0-78:n kohdissa 5.1 ja 5.2 esitettyjä yleisperiaatteita.

Paalujen ja niiden rakenneosien tulee täyttää rakennussuunnitelmassa ja tässä työselityksessä esitetyt laatuvaatimukset.

Ellei suunnitelmassa ole toisin määrätty, paalujen ja paaluryhmien sijainti- ja kaltevuuspoikkeamat eivät saa ylittää SP0-78:n kohdassa 3.351 mainittuja enimmäisarvoja.

Jos paalujen sijainti- ja kaltevuuspoikkeamat ylittävät edellä mainitut arvot on paalutuksen kelpoisuus osoitettava lisäselvityksin. Tarvittaessa on tehtävä lisäpaaluja.

3.16 Paalutustyön kelpoisuuden osoittaminen

Suurpaalutustyön kelpoisuus osoitetaan samaan tapaan kuin lyöntipaalutustyön kelpoisuus (kts. kohta 2.16).

Betonin kelpoisuus osoitetaan SYT 3500 kohdan 5.5 mukaisesti ja raudoituksen kelpoisuus SYT 3500 kohdan 3.4 mukaisesti. FrankiMixte-paalujen varsielementtien kelpoisuuden osoittamisessa noudatetaan kohdan 2.223 määräyksiä ja ohjeita.

Kaikki kelpoisuutta osoittava aineisto on liitettävä kelpoisuuskirjaan.

3.2 P a a l u j e n m a t e r i a a l i t j a t a r v i k k e e t

Suurpaaluihin käytettävän betonin osa-ainesten tulee täyttää SYT 3500 kohdan 5.1 vaatimukset.

Betoniterästen ja muiden paaluihin tulevien teräsosien, kuten tarkastus- ja vaippaputkien sekä kalliotappien ja -ankkurien on täytettävä suunnitelmaan merkittyjen lujuus- ja laatuluokkatunnusten perusteella määräytyvien standardien mukaiset vaatimukset.

3.3 P a a l u t u s t y ö s u u n n i t e l m a

Siltasuunnitelmaan sisältyvää geoteknillistä ja rakenteellista paalutussuunnitelmaa (vrt. SP0-78 kohta 3.4) täydennetään ennen paalutustyön alkua ottamalla huomioon työmaan erikoisolosuhteet ja paalutuskalusto. Näin syntyvään paalutustyösuunnitelmaan tulee liittää betonityösuunnitelma ja tarvittaessa mittaus- ja työtelinesuunnitelma sekä kallioankkureiden jännittämis- ja injektointisuunnitelma.

Paalutustyösuunnitelmassa tulee käsitellä myös mm. seuraavia asioita (vrt. kohta 2.32):

- paalujen tekotapa ja käytettävät koneet
- työmaajärjestelyt
- työjärjestys ja aikataulu
- tarkastustoimenpiteet
- paalutustyön vaikutus ympäristöön
- työturvallisuus.

Betonityösuunnitelmaa laadittaessa noudatetaan soveltuvin osin SYT 3500 kohdan 5.21 ohjeita.

3.4 P a a l u t u s t y ö

3.41 Kaivinpaalutus

Kaivinpaalujen teossa on noudatettava rakennus- ja paalutus-työsuunnitelmaa sekä SP0-78:n kohdan 5.6 määräyksiä ja ohjeita seuraavin täsmennyksin ja lisäyksin:

Paaluja tehtäessä on varottava, etteivät viereiset paalut vaurioitu. Tarvittaessa paalutus on tehtävä telineiltä tai paalutusalueelta on muuten vahvistettava. Telineistä ja vahvistuksista on laadittava suunnitelma (vrt. kohta 5).

Kaivinpaalujen tukeutuessa kallioon on kallion pinta puhdistettava huolellisesti ennen paalun betonointia.

Ultraäänitarkastusta varten varustetaan kaikki kaivinpaalut kolmella \varnothing 60 mm:n tarkastusputkella, jotka sijoitetaan tasavälein hakojen sisäpuolelle. Putket ulotetaan 500 mm:n päähän paalun alapäästä. Kallioon tukeutuissa paaluissa putkien läpi porataan 500 mm kallioon ulottuvat reiät kalliokontaktin tarkastamista varten. Putket täytetään tarkastuksen jälkeen sementtillaastilla ellei suunnitelmassa ole toisin mainittu.

Betonin valmistuksessa on noudatettava SYT 3500 kohtien 5.22 ja 5.24 määräyksiä ja ohjeita.

Paalujen vedenalaisessa betonoinnissa noudatetaan SYT 3500 kohdan 5.24 määräyksiä ja ohjeita.

Paalutuspöytäkirja on tehtävä SP0-78:n kohdan 5.69 mukaan. Paalutuspöytäkirja liitetään kelpoisuuskirjaan.

3.42 Franki-paalutus

Frankipaalujen teossa on noudatettava rakennus- ja paalutus-työsuunnitelmaa sekä SP0-78:n kohdan 5.7 määräyksiä ja ohjeita.

Paalutuksesta on tehtävä pöytäkirja SP0-78:n kohdan 5.78 mukaan. Paalutuspöytäkirja liitetään kelpoisuuskirjaan.

4. MUUT PAALUTUKSET

Teräksisten ja muiden erikoispaalujen laatuvaatimukset ja kelpoisuuden osoittaminen on esitetty suunnitelmassa. Työssä on noudatettava työkohtaisen työselityksen määräyksiä ja ohjeita.

5. PAALUTUSTYÖTELINEET

Jos paalutuskone on siirrettävä telineelle, on telineen oltava tukeva, jotta sen liikkuminen ei aiheuta paalujen siirtymistä pois paikoiltaan eikä niiden taipumista tai vaurioitumista paalutustyön aikana.

Paalutustelineistä ja uivan kaluston käytöstä on vaativammissa kohteissa laadittava suunnitelmat, jotka on esitettävä valvojan tarkastettavaksi. Uivan kaluston käyttöön on aina saatava valvojan lupa.

Tärisevä teline ei saa koskettaa jo valettuja paaluja niiden betoni sitoutumisen aikana.

VIITELUETTELO

Tie- ja vesirakennushallitus

- Sillanrakennustöiden yleinen työselitys
 - SYT 3500: Paikalla valetut betonirakenteet, TVH 732215
 - SYT 3600: Betonielementtirakenteet, TVH 732207
- Tienrakennustöiden yleinen työselitys
 - Vahvistustyöt, 1200, TVH 732458
- Pohjavahvistustöiden laadunvalvontaohjeet, TVH 732177
- Sillan kelpoisuuskirja, TVH 732231
- Paalutuspöytäkirja
 - Paalukohtainen, TVH 732512
 - Yhdistelmäpöytäkirja, TVH 732513

Suomen rakentamismääräyskokoelma

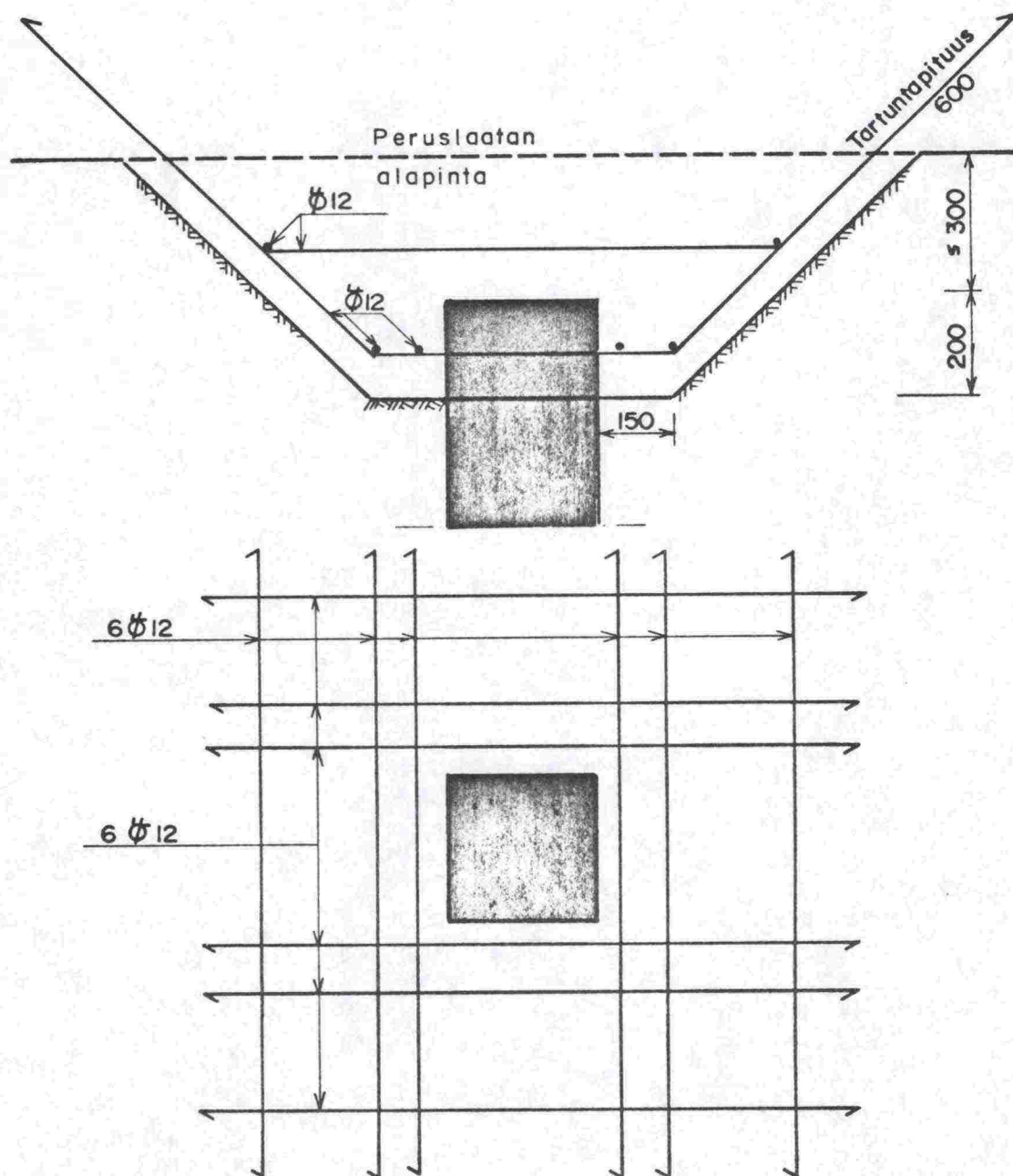
- Betonirakenteet, ohjeet B 4

Suomen Geoteknillinen yhdistys r.y.

- Lyöntipaalutusohjeet 1979, LP0-79
- Suurpaaluohjeet 1978, SP0-78
- Pohjarakennustöiden valvontaohjeet, PRV-84

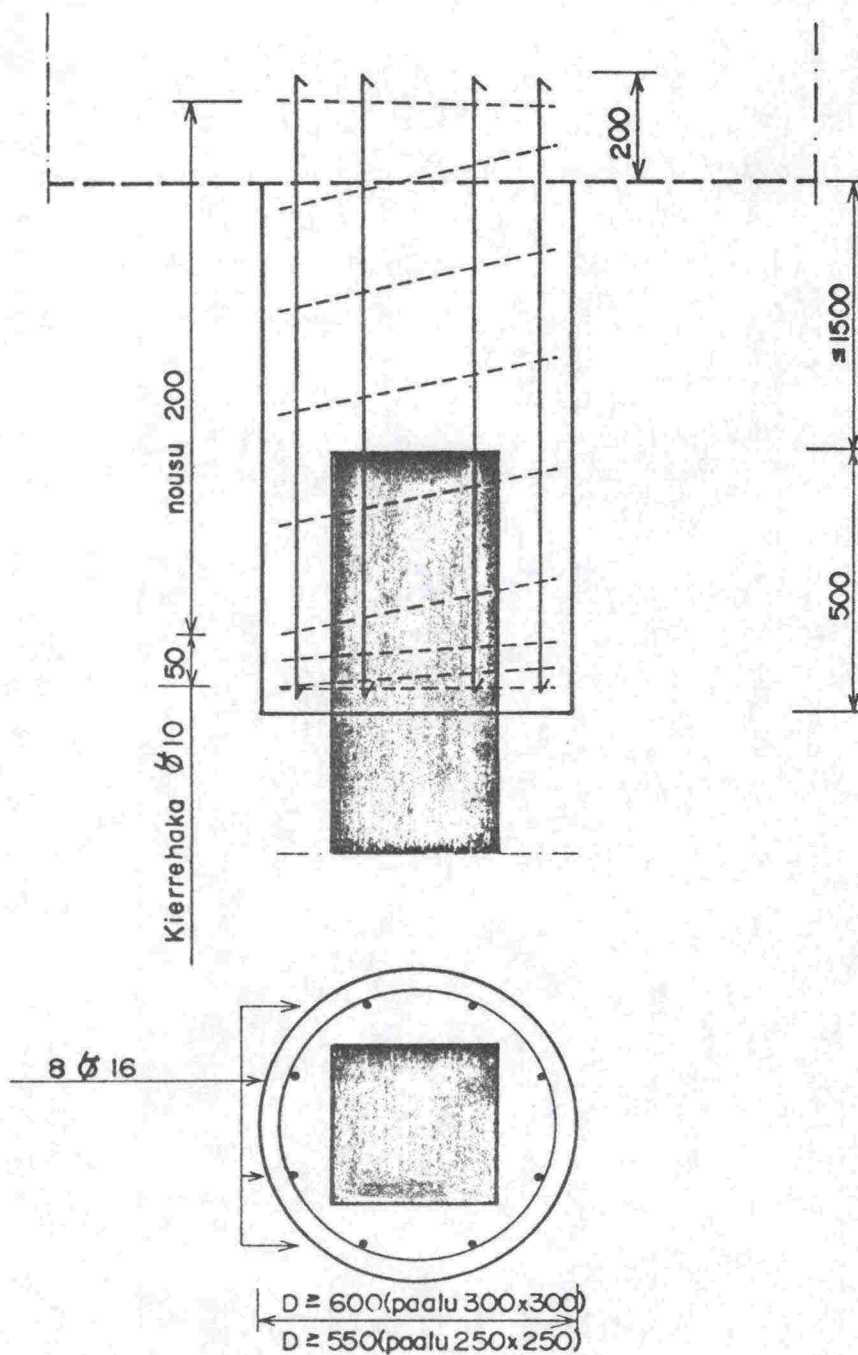
Suomen Betoniyhdistys r.y.

- Betonipinnat, luokitusohjeet, by 13



TERÄSBETONIPAALUN JATKAMINEN
Jatkosvalu \leq 300 mm

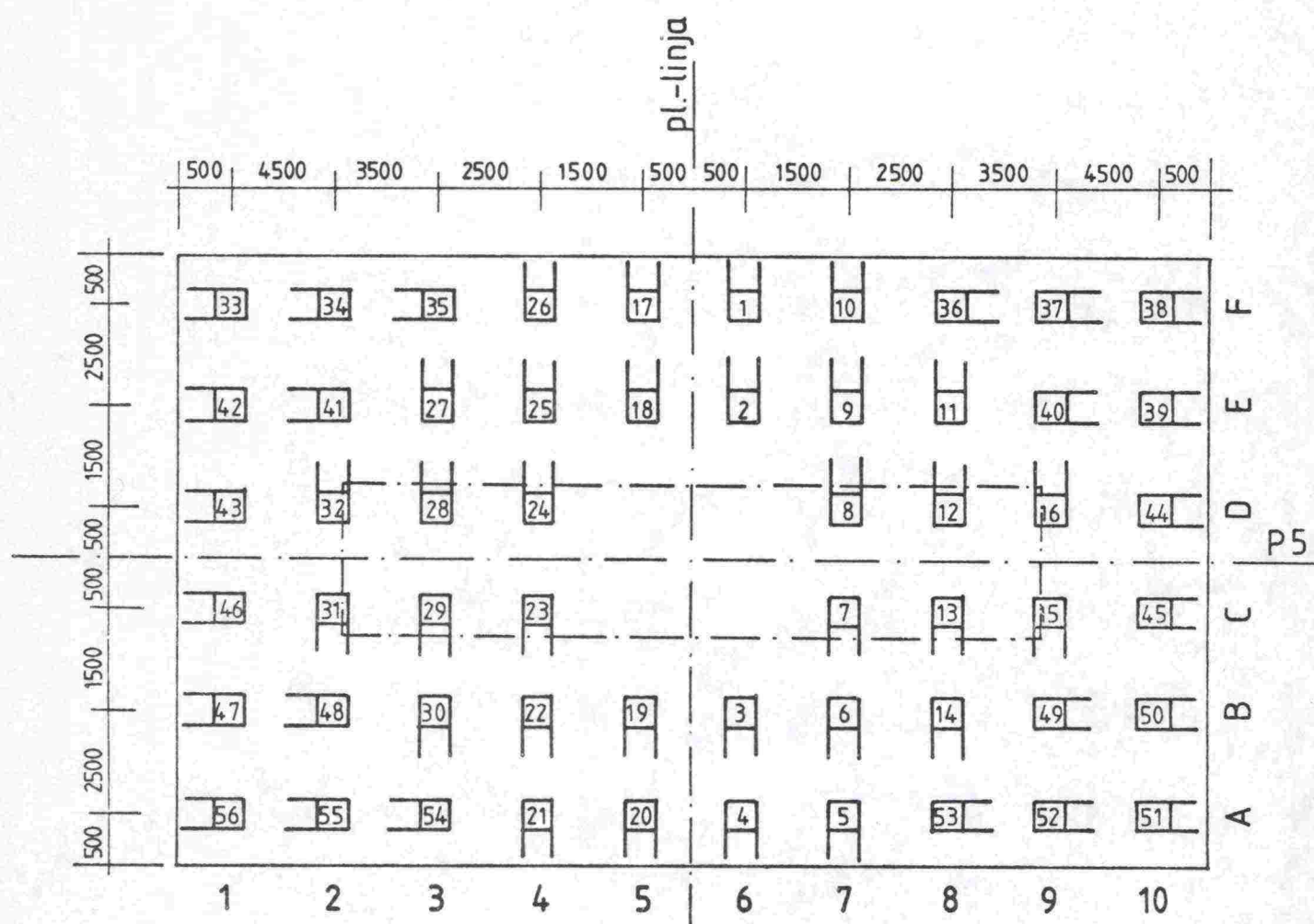
Betoni: Sama kuin peruslaatatassa
Teräs: A 400 H
Betoni peite: 100 mm



TERÄSBETONIPAALUN JATKAMINEN
Jatkosvalu ≤ 1500 mm

Betoni: Sama kuin peruslaatatassa
Teräs: A 400 H
Betoni-peite: 35 mm

ESIMERKKI PAALUJEN LYÖNTIJÄRJESTYKSESTÄ



ISBN 951-46-5675-X